

где $\gamma(T, \tau)$ – удельная проводимость ОГС, См/м; E – напряженность электрического поля, В/м.

С учетом (4) уравнение (3) можно записать в виде

$$v = K S_{y\delta} \frac{\gamma(T, \tau) E \delta^3 \Delta n}{l F D_o} \exp\left(-\frac{G}{RT}\right), \quad (5)$$

где l – межэлектродное расстояние в электродной системе, м.

Температура ОГС определяется из уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{\rho C} \Delta^2 T + \frac{\gamma(T) E^2}{\rho C} \quad (6)$$

с начальными условиями $T|_{\tau=0} = T_0$

и граничными условиями $\lambda|_r \Delta T = \alpha(T_g - T|_r)$,

где λ, ρ, C – теплопроводность, плотность и теплоемкость ОГС; α – коэффициент теплоотдачи на границе; T_0 – начальная температура материала; T_g – температура окружающей среды.

Таким образом, реакция делигнификации соломы определяется замещением активными ионами раствора одноименно фиксированных ионов растительной ткани в результате протекания фарадеевского тока, величина которого зависит не только от энергии активации и температуры, но также и от количества электричества, протекающего через обрабатываемую массу и определяемого напряженностью электрического поля, приложенного к электродам рабочей камеры.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ЭЛЕКТРОГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Пашинский В.А., Николаенок М.М.,

УО “Белорусский государственный аграрный технический университет”, г. Минск

Для повышения продуктивности животноводства важное значение имеют концентрированные корма. К группе концентрированных кормов относятся зерно, семена злаковых и бобовых растений. В 2007 году в Республике Беларусь произведено около 7 миллионов тонн зерна. На кормовые цели в настоя-

щее время расходуется около половины производимого в стране зерна. Большую кормовую ценность в зерне представляет крахмал и белок. При усвоении организмом животных они подвергаются сложному воздействию в пищеварительном тракте. Однако крахмал в естественном (нативном) состоянии плохо переваривается и усваивается организмом из-за кристаллического строения.

Учитывая низкую доступность питательных веществ в целом зерно оно требует определенной подготовки, как и другие корма. Для подготовки фуражного зерна к скармливанию существует около 50 различных способов, основанных на воздействии различных физических и химических факторов. Физико-химическая природа этих процессов сложна. При термических способах обработки зерна (экструдирование, микронизация гидротермическая) происходит превращение (деструкция, клейстеризация) высокомолекулярных полимеров (крахмала) в низкомолекулярные полисахариды. Разрушение гликозидных связей в макромолекуле крахмала происходит в результате воздействия высоких температур 373...450 К и наличия влаги. Это и является причиной высокой энергоёмкости процессов. Реакция деструкции крахмала является эндотермической и протекает с поглощением энергии по схеме



где $Q_{ф-х}$ – энергия расходуемая на деструктивные процессы, происходящие в зерновой массе.

В БГАТУ разработан способ обработки фуражного зерна, получивший название электрогидротермической обработки (ЭГТО). Сущность его заключается в том, что зерно увлажняют раствором хлорида натрия (NaCl), уплотняют и подают в электродную камеру, где подвергается электрогидротермическому воздействию электрического тока низкой частоты до температуры 353 К. Концентрация NaCl – 1% массы сухого вещества зерна. Электрический ток, как энергоноситель, выступает как комплексный технологический фактор, оказывающий термическое, электрофизикохимическое и биологическое воздействие на зерновую массу, существенно интенсифицирует процессы тепло- и массопереноса (влаги, ионов), повышает площадь реакционной поверхности, концентра-

цию активных ионов, благодаря чему снижается энергоёмкость и углубляется процесс клейстеризации крахмала (табл. 1).

1. Изменение углеводного комплекса зерна

Способ обработки зернофуража	В 1 кг зерна влажностью 14% содержится, г			Степень клейстеризации крахмала, %
	Редуцирующие сахара	Сахароза	Декстрины	
Дробление на КДУ-2	26,1	10,2	22,9	00,00
Запаренное и плющенное на ПЗ-3,0	32,2	16,9	30,9	25,81
Экструдированное на КМЗ-2,0	34,7	14,4	34,6	27,85
Электрогидротермическая обработки	37,2	19,9	44,7	65,03

Результатом такого воздействия является изменение его свойств, определяющих его кормовую ценность, запаха и придает хорошие вкусовые качества. Физиологический опыт на романовских овцах показал, что коэффициент переваримости зерна после ЭГТО на 12,6 % больше, чем при гидротермической обработке, а энергоёмкость в 1,5...1,8 раза ниже и составляет до 80 кВт·ч/т. При этом стерилизующий эффект ЭГТО достигает 99% (табл. 2).

Производственную проверку эффективности ЭГТО неоднократно проводили на бычках черно-пестрой породы. Животные были подобраны аналогами по породе, полу, возрасту, массе, энергии роста. Кормили животных всех групп индивидуально. Результаты проверки показали (табл. 3), что среднесуточный прирост массы бычков поедавших зерно после ЭГТО выше на 17%, чем у группы животных поедавших дробленое зерно и 11%, чем для гидротермической обработки. Энергетический баланс ЭГТО зерновой массы имеет вид:

$$Q = Q_{н.м.} + Q_{ф-х} + Q_n + Q_a,$$

где $Q_{н.м.}$ расход энергии на нагрев обрабатываемой массы, Дж; $Q_{ф-х}$ расход энергии на физико-химические процессы в зерновой массе, Дж; Q_n расход энергии на испарение влаги, Дж; Q_a расход энергии на потери в окружающую среду, Дж.

2. Содержание микрофлоры в зерне, после различной обработке

Способ обработки фуражно-го зерна	Обсемененность микроорганизмами, тыс. шт/г зерна	
	Аэробные бактерии	Дрожжи и плесень
Дробление	3600,0	3,0
Запаривание	360,0	нет
Экструдирование	190,0	2,0
ЭГТО	125,5	0,2

3. Техничко-экономические показатели использования кормовом в рационе бычков фуражного зерна

Способ обработки зерно-фуража	Расход электро-энергии на обра-ботку 1т зерно-фуража, кВт·ч	Увеличение прироста мас-сы животных на 1 т скарм-ливаемого зернофуража,		Расход фу-ражного зер-на на 1 кг прироста жи-вой массы, кг
		кг	%	
Дробление на КДУ-2	16,0	-	-	2,66
Запаривание и плющение на ПЗ-3,0	96,7	16,8	6,1	2,50
Экструдирование на КМЗ-2,0	146,0	24,1	8,6	2,45
Электрогидротермическая обработка	112,0	50,4	17,7	2,40

Расход энергии на нагрев зерновой массы равен:

$$Q_{н.м.} = m \cdot C \cdot \theta,$$

где C средняя удельная теплоемкость зерновой массы в интервале температур обработки, $C = 2,45$ кДж/кг · К; $\theta = T_k - T_n$ превышение температуры над начальной, К; m масса зерна, кг.

Энергия, затрачиваемая на физико-химические процессы, происходящие в зерновой массе, равна:

$$Q_{ф.х.} = E_c \cdot n,$$

где E_c энергия связи С-О крахмала, Дж; n количество связей-молей, подвергнутых воздействию иона H_3O^+ .

Расход энергии на испарение влаги равен: $Q_{и.} = m_{п.} \cdot (i_{п.} - i_{в.})$,

где $m_{п.}$ масса испаренной влаги, кг; $i_{п.}$, $i_{в.}$ энтальпия пара и воды при T_k и атмосферном давлении, Дж/кг.

Энергия, затрачиваемая на потери в окружающую среду, равна:

$$Q_{\alpha} = \alpha \cdot (T_{ст.} - T_0) \cdot A \cdot \tau,$$

где α коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности рабочей каме-ры установки, $\alpha = 50$ Вт · (м² · К); $T_{ст.}$ средняя температура стенки установки ЭГТО за расчетный период, К; T_0 средняя температура окружающей среды за расчетный период, К; A поверхность теплообмена, м²; τ время обработки.

Расход энергии на нагрев 1 тонны фуражного зерна равен:

$$Q_{\text{н.м.}} = 10^3 \cdot 2,45 \cdot (353 - 278) = 183750 \text{ кДж} = 51,0 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Молекулярная масса крахмала равна 495500 а. е. м. [5], а молярная масса $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ $172 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}$.

Находим количество молей в молекуле

$$n = 495500 : 172 = 2881 \text{ молей.}$$

В одной тонне зерна содержится 640 кг крахмала. В процессе гидролиза крахмала при ЭГТО образуется 11,1 кг редуцирующих сахаров, 9,7 кг сахарозы, 21,8 кг декстринов (табл. 1), что составляет 6,7% исходного количества крахмала. Количество молей-связей подвергнуто гидролизу:

$$X = \frac{2881 \cdot 6,7}{100} = 193 \text{ молей-связей.}$$

Гидролиз крахмала происходит по связи С О, энергия которой равна 314,25 кДж \cdot моль⁻¹. Тогда энергия, затраченная на процесс гидролиза крахмала при обработке 1 тонны зерна, равна

$$Q_{\text{ф.х}} = 193 \cdot 314,25 = 60650,3 \text{ кДж} = 16,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Расход энергии на испарение влаги

$$Q_{\text{и}} = 10 (2326 - 270) = 20560 \text{ кДж} = 5,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Расход энергии на потери в окружающую среду для установки производительностью 1,0 т \cdot ч⁻¹

$$Q_{\text{а}} = 50 \cdot (353 - 278) \cdot 0,75 \cdot 1 : 1000 = 2,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Общий расход на обработку 1 тонны фуражного зерна составляет

$$Q = 51,0 + 16,8 + 5,7 + 2,8 = 76,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т.}$$

Энергия, затрачиваемая на физико-химические процессы при ЭГТО, по сравнению с экструдированием и гидротермической обработкой, соответственно на 19,1 и 25,4 % больше. Однако коэффициент полезного использования (КПИ) энергии, затрачиваемой на эндотермическую реакцию гидролиза крахмала при ЭГТО, равен 21...22 %, тогда как при экструдировании и гидротермической обработке соответственно 10...11 % и 14...15 %.

Таким образом, при ЭГТО фуражного зерна электрический ток воздействует на корм как комплексный технологический фактор, повышающий КПИ

энергии, затрачиваемой на физико-химические процессы и снижающий энергоёмкость на обработку зерновой массы по сравнению с существующими технологиями на 15...35 %.

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Пашинский В.А., Злобич В.Л.,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

Электростимуляция (предпосевная обработка) семян необходима для увеличения энергии их прорастания, всхожести, урожайности культур, устойчивости к неблагоприятным погодным условиям и сокращения вегетационного периода. При возбуждении семян усиливается деление клеток, повышается влагопоглощение и компенсируется недостаточное воздействие природных электрофизических факторов (солнечной радиации, температуры и т. д.).

Всхожесть является важнейшим качественным свойством семенного материала, которая определяется в лаборатории. Под ней понимают способность семян при оптимальных, стандартизированных лабораторных условиях в определенный срок образовывать здоровый, нормально развитый проросток (корень и побег нормально развиты). При лабораторном анализе всхожести

определяют % всхожих семян данной культуры («чистых семян»), которые прорастают при этих условиях.

В данной работе рассматривается влияние электрического поля на всхожесть семян зерновых на примере ячменя сорта . Для эксперимента были отобраны восемь проб семенного материала. В каждой пробе содержалось по 100 единиц зерен ячменя. Все образцы были разделены на две группы по чашки Петри

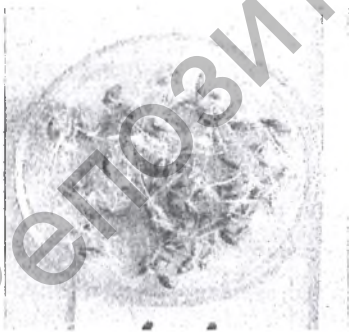


Рис. 1. Прорастивание семян на поверхности фильтровальной бумаги чашки Петри